

中华人民共和国国家标准

电工电子产品基本环境试验规程
大气腐蚀加速试验的通用导则

GB/T 2424.10-93

代替 GB 2424.10-81

Basic environmental testing procedures
for electric and electronic products
General guidance of accelerated testing
for atmospheric corrosion

本标准等效采用 IEC-355《大气腐蚀加速试验的问题评价》(1971 年第一版)。

1 主题内容与适用范围

本标准论述大气腐蚀加速试验条件、方法的适用可能性及各种加速试验的应用。
本标准供编制大气加速腐蚀试验方法标准、规程及进行人工加速腐蚀试验时参考。

2 引用标准

- GB 2421 电工电子产品基本环境试验规程 总则
- GB 2422 电工电子产品基本环境试验规程 名词术语
- GB 2423.17 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Ka:盐雾试验方法
- GB 2423.19 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Kc:接触点和连接件的二氧化硫试验方法
- GB 2423.20 电工电子产品基本环境试验规程 试验 Kd:接触点和连接件的硫化氢试验方法

3 预测试验样品在使用条件下的性能的试验

理想的、通用的腐蚀试验方法希望是在短时间内(几个星期或几天,最好能在几小时甚至几分钟内)得出材料、元件或设备相当于在使用条件下运行若干年后的性能,但目前尚无这种腐蚀试验方法,因为:

- a. 使用条件不固定,变化很大;
- b. 为了加速腐蚀作用,必须强化某些腐蚀因素时,就有可能引起腐蚀机理和腐蚀产物改变的危險;
- c. 对腐蚀因素的强化,不同材料的反应是大不相同的。

3.1 使用条件

在使用条件下影响腐蚀的重要因素是:

- a. 气候:如海洋、农村、城市、工业、热带等气候或综合性气候;
- b. 各种气候条件经常变化,而且变化是不规则的,如一个地方同另一个地方,就是同一个地方不同时期的变化都是不同的;
- c. 暴露条件:如户内、户外。户外还可以分为棚下和露天;
- d. 大气污染:如大气中的灰尘、腐蚀性气体等;
- e. 试验样品放置位置:如试验样品以水平、垂直或倾斜位置,直接暴露于太阳光下,承受雨水冲刷

国家技术监督局 1993-11-19 批准

1994-07-01 实施

或遮掉雨水。因此,即使是同一设备的同一种材料,因位置不同腐蚀程度也可能不同。

使用条件既是这么不同,要想用一种通用的加速试验来预测元件或设备在使用条件下的性能,这是不可能的。虽然一种试验可以用改变试验周期来模拟实际使用情况下的不同腐蚀程度,如产品用于农村大气条件下就试验一个周期,而用于海洋大气条件下则要试验四个周期等等。但这些气候的腐蚀因素是不同的,所以还是不能预测试验样品在不同气候条件下性能的真实情况。一般认为,对不同的气候,采用不同的加速试验方法,可能会得到较好的近似结果,如海洋大气用盐雾试验,工业大气用含二氧化硫的湿热试验。但必须指出,就是在解释用这些不同的加速试验方法得出的结果时,因使用情况多变,仍然不十分可靠,可能还会产生许多错误的结论。

3.2 加速腐蚀过程的方法

为了短期内取得试验结果,必须加速腐蚀过程,通常用的方法有:

- a. 增加温度;
- b. 增加相对湿度;
- c. 增加凝露程度;
- d. 增加腐蚀介质的浓度;
- e. 增加试验循环中有腐蚀介质与没有腐蚀介质的时间比,或增加试验时间;
- f. 加电压或电流;
- g. 加机械应力;
- h. 使温度有周期性变化。

注:如果能够提高评定腐蚀的灵敏度,就可以较快地取得结果,但目前还难以做到,所以通常只能从加速腐蚀过程方面来考虑。

3.2.1 温度

在增加温度不会引起或加速某些其他反应时,一般说来,温度升高 10°C ,化学反应增加 $2\sim 3$ 倍,因而影响腐蚀速度的许多因素将随温度而变化。举例如下:

- a. 气体在水中的溶解度,通常是随温度升高而降低。在特殊凝露条件下,这可能反而减慢腐蚀速度;
- b. 如果在正常使用条件下,腐蚀产物在金属表面形成保护层,而在高温条件下可能不形成这种保护层,因而使腐蚀速度迅速增加,腐蚀现象完全改变;
- c. 如果在正常条件下,金属只出现一般的缓慢腐蚀,但在高温条件下可能出现非常严重的腐蚀,例如产生空穴腐蚀和应力腐蚀;
- d. 如果两种金属相接触,电极电位较低金属保护电极电位较高的金属,在高温条件下它们的电位次序可能改变。例如正常使用条件下,锌可以保护铁,但当温度高于 70°C 时,锌的电位可能变得比铁高,就起不到保护铁的作用了。

3.2.2 相对湿度

一般说来,相对湿度增大,促进腐蚀速度加快。

3.2.3 凝露

在多数气候里,都有凝露时期,只是出现凝露的时间及其程度不同而已。一般说来,有凝露的腐蚀速度要比无凝露快,增加凝露程度,可以加快腐蚀速度,但在使用中和试验中凝露条件是很复杂的。

- a. 凝露与试验样品表面的清洁、光滑情况有较大关系。平滑、清洁的表面,只有试样表面相对湿度达到 100% 才会产生凝露。当试验样品表面沉积一些能吸湿的物体,或生成了吸湿的腐蚀产物时,这样的表面容易吸湿,即使相对湿度低于 100% 也会产生凝露。
- b. 如果元件是在不完全封闭的外壳里,外壳可以起一些防潮作用,因为外壳内的相对湿度没有周围的大气变化大,元件在这样外壳中使用不易于产生凝露。但将元件进行加速度试验时,则在很短时间内部就会出现由于凝露引起的损坏。

c. 在温度和湿度发生变化时,凝露与设备或元件的热容量有关。当大气温度升高时,热容量大的试验样品温度增加较慢,处于大气露点温度之下而产生凝露;相反,热容量小的试验样品温度增加较快,处于大气露点温度之上,而不产生凝露。

显然,只通过加重凝露来促进试验的加速还是困难的。因试验中出现过量的凝露,会漂洗试验样品,反而会使腐蚀程度减轻。同时加重凝露还会使一些在不完全密封外壳中的元器件出现实际使用中没有的劣化现象。

3.2.4 腐蚀物质的浓度

大气中存在各种不同的腐蚀物质,加速试验的腐蚀介质一般应选择大气中经常出现的物质,如海洋大气中的氯化钠,城市和工业大气中的二氧化硫等。腐蚀物质的浓度,也要比正常条件的浓,以便加速腐蚀,但有时提高浓度,腐蚀速度反而减慢,因其他与腐蚀有关的物质的溶解度有可能减小。如在氯化钠溶液中加入氯化钠的浓度,氧的溶解就减小,这种现象在高温条件下尤其明显。增加腐蚀物质浓度还会出现改变腐蚀性质的现象,如低浓度的条件下只出现轻微腐蚀,当浓度高时,可能会产生严重的空穴腐蚀和应力腐蚀。不完全密封的外壳,可以缓冲使用条件下腐蚀物质浓度的增加,但在连续高浓度的加速试验中,外壳却会产生相反的作用。

添加腐蚀介质和除掉腐蚀产物的速度也能影响到腐蚀速度。

3.2.5 增加试验循环中有腐蚀介质与没有腐蚀介质的时间比

在实际使用环境中,有时只是短时间的,如一年(一天)中只有几个时期(小时)出现严酷的腐蚀条件。此时保持原来的腐蚀条件,增加暴露在腐蚀条件中的时间与没有腐蚀条件时间之比,也可以得到加速。但要取得较可靠的结果,必须遵守下列各点:

a. 自然条件下许多腐蚀机理跟腐蚀条件的交替有关。如暴露在工业大气又出现间断凝露的铁,它的腐蚀速度要比完全浸在水里的快得多。在试验中一定也要出现这种条件的交替。

b. 许多自然腐蚀机理跟每一种交替条件所经历的时间之比有关。如盐雾试验中,连续喷盐雾和盐雾与潮湿交替所得的结果大不相同。后者与自然条件下暴露结果比较相似。

c. 当在使用中出现两组不相同的暴露条件时,哪一组先出现,这对腐蚀速度是极其重要的。例如将镍先暴露于硫化氢大气,然后再暴露于二氧化硫大气中,它的腐蚀速度要比相反情况的慢。

d. 铂族金属的电触头,有时会暴露于含有机蒸汽的大气中,并在接触面生成(由于触煤作用)碳层。实际上飞弧时间对静止时间之比会严重影响这种现象,在这种情况下轻微的加速腐蚀是会产生的。

e. 许多严重损坏要到一定暴露时间才出现,不到这个时间,腐蚀现象很隐蔽,毫无损坏的迹象。

3.3 加强腐蚀因素对不同材料的影响

腐蚀因素的加强对不同材料会有不同的影响。例如:

a. 高浓度的二氧化硫试验中,镍的腐蚀比其他金属快,在硫化氢试验中,银的腐蚀又比其他金属快。

b. 在Ka盐雾试验中,锌的腐蚀比镉快得多,但在海洋大气中,这种差别却很少,海洋气候中的暴露试验结果,虽然不是全部,但有许多是利于锌的。

c. 在盐雾试验中,如果把盐的浓度从3%提高到20%,锌的腐蚀比铁快。

根据加速试验的结果来选用材料可能引起差错,在许多情况下,会把一些有实用价值的材料筛选掉。

3.4 材料的表面条件

材料的表面条件影响着材料的腐蚀性能。例如粗糙度、清洁度、钝化度、吸附层等均会影响材料的腐蚀性能。

因此试验样品投试前,其表面进行的机械或化学处理,以及试验样品的装运和储存的历史是重要的。例如:

除3.2.3条中已经提出过表面条件对开始凝露的相对湿度有影响外,又如:

a. 将具有清洁表面的铁, 储存在没有腐蚀介质、相对湿度低的条件中, 然后再进行相对湿度高的试验, 开始生锈的时间要比不经储存而即刻进行高湿试验的迟得多。

b. 镍在进行不含氧化硫的高湿试验之前, 将其储存在低湿、含二氧化硫的条件中, 它的腐蚀要比不经储存、单做高湿试验的快得多。

4 考核材料的质量和均匀性试验

这个问题较简单, 因为可以选用适合该种材料的试验。试验求得的只是质量上的差别, 不同质量的试验样品, 如果使它们经受不同条件的试验, 显示质量好坏的顺序通常是相同的。例如: 经钝化的镉镀层试验样品, 可以选用湿热试验、盐雾试验或某种挥发性有机酸的大气试验, 试验后表面出现的腐蚀特征虽然不同, 在湿热试验中出现的是黑色腐蚀点, 另外两种试验中却是灰白或淡黄色的腐蚀物, 但质量好坏的顺序在三种试验中是一致的。又如测定镍或铜镀层镀金层孔隙率的试验以及它和磨损试验结合在一起试验, 可以用二氧化硫试验和溶液中含有底材(镍或铜)指示剂的阳极试验, 两种试验都可以分清试验样品质量的好坏。因此, 用加速腐蚀试验来筛选材料、加工工艺和验收, 是需要的、也是有效的。

5 测定不同材料相互影响的试验

有些材料会影响其他材料的腐蚀性能。

a. 相接触在一起的不同金属, 电极电位低的金属牺牲自己保护电极电位比它高的金属。在选定金属的组合之前, 需查阅有关金属接触腐蚀资料。

b. 一些有机材料老化并能挥发出气体, 对金属特别是锌和镉的腐蚀有影响, 这对密封外壳里的电子产品是很重要的。

c. 一些有机材料会吸收水蒸气和其他挥发物质, 如果这些材料与金属接触, 它们会影响这些金属的腐蚀性能。

为了考核设备结构中是否存在这些弱点, 可以对单独的材料放在元件或设备中分别进行加速试验, 并比较它们的性能变化, 通常用湿热试验就可以达到这个目的。

6 检查设备或元件在腐蚀条件下运行性能的试验

设备或元件在使用中能长期运行是很重要的, 而腐蚀行为与运行之间会有各种方式的互相影响, 例如:

a. 腐蚀产物会阻碍运动件的运行, 不一定是运动件本身受腐蚀, 可能是元件或设备的另一部分产生的腐蚀产物掉落到运动件上时, 就会阻碍运行。例如在电动机或继电器中就会有这种情况。

b. 机械磨损可能磨去保护层, 使金属产生腐蚀。如开关上的镀金触点经腐蚀试验后表面并不显示任何腐蚀, 但当开关上好多次后, 金属可能受损, 使底金属腐蚀引起接触不良。

c. 接触表面腐蚀(即使是轻微的)会增加接触电阻, 妨碍电路的良好运行。受硫化氢腐蚀的带银触头的晶片开关就是例子。

d. 设备使用直流的或交流的高电压都可能会产生腐蚀产物, 从而引起电气故障。

e. 设备使用的电压, 特别是直流电压, 可能引起电解腐蚀。例如由于表面泄漏电流使嵌在绝缘材料中的处于正电位的连接件产生腐蚀。

f. 设备可能因内部耗电而得到加热, 使其温度高于周围温度, 使相对湿度降低而不产生凝露。这就意味着只要设备在工作, 腐蚀可以减轻或防止。

几乎在所有情况下, 腐蚀造成外形上不美观要比造成阻碍运行、功能退化影响小, 但是明显的腐蚀, 能使使用人对设备或元器件的长期连续工作失去信心。

产品多次长期暴露于腐蚀大气中会受到严重的腐蚀, 但加速试验的时间很短, 所以对试验结果的判定和合格标准相应就要从严掌握。

以上几个例子说明,运行与腐蚀作用之间存在着密切的关系。为了检查腐蚀产物是否会中断运行,运行是否会引起或防止腐蚀发生,可以在设备或元件上进行试验,但选用的试验方法一定要尽可能把受到怀疑的材料的腐蚀暴露出来,并符合对设备的预期使用条件。

7 腐蚀试验标准化的问题

标准试验方法,如果应用适当,可以用作下列各项工作的基础。例如用于对两个或两个以上来源的材料进行比较;生产厂和用户之间的仲裁以及验收试验等。

标准试验方法最重要的要求是其再现性。由于腐蚀机理较复杂,环境条件多变,难于获得再现结果。要取得合理的再现性,必须考虑下列几点:

a. 试验方法叙述必须明白清楚。有关试验样品表面条件和环境条件的各种因素均必须标准化。

试验设备没有必要作出规定,但试验方法必须规定得合理。使在每一个满足了规定条件的设备上做试验,都可以获得较满意的再现性,即获得在一定容差范围内的试验结果。

b. 避免复杂的试验程序,因为它会导致再现性降低。

c. 应避免会使试验条件变化的因素添加到试验方法中去,如试验样品在试验中允许的负荷必须规定,因为负荷能改变试验箱内的条件,例如,使用腐蚀介质在范围狭窄的恒定湿热中作试验时,对温度必须严格控制,因为温度的微小变化会大大改变相对湿度。这在相对湿度高的条件下显得更为重要,因湿度的变化又严重地影响凝露。

8 结论

8.1 从一项通用的腐蚀试验或从代表不同气候的少数几项试验所得结果是不可能预测材料、元件或设备的性能。

8.2 腐蚀试验对考核材料或表面覆盖层的质量是很有用的,也是必要的,但一定要选择一种合适的试验方法。

8.3 要确定一种材料是否会影响到另一种材料的腐蚀性能,对不同的组合材料进行试验是需要的。但必须选择合适的试验方法,同时还要与该材料单独做试验的结果相比较。

在许多情况下,只做湿热试验就足够了,但在少数情况下,湿热试验还必须补充针对性试验方法才行。

8.4 为了检查试验样品的运行是否会受到腐蚀产物的影响,或试验样品的运行是否影响一些材料的腐蚀性能,只要对设备或元件进行试验。这时选择合适的试验方法也是很重要的。在这种情况下,试验后的试验样品功能性变化要比其外观变化重要。

8.5 为了取得可比较的结果,腐蚀试验需要标准化,但首要的要求是具有良好的再现性。

9 最后意见

综上所述,在任何实验室的试验中,解释数据必须小心从事,试验结果最好也不过是定性的,对这些结果必须加上大量的常识和经验判断,才能成为对工程技术人员有用的结论。

附加说明:

本标准由中华人民共和国机械工业部提出。

本标准由全国电工电子产品环境条件与环境试验标准化技术委员会归口。

本标准由机械工业部广州电器科学研究所负责起草。由电子工业部第五研究所、中国船舶工业总公司第七研究院标准化室、航空航天工业部301所、机械工业部上海电器科学研究所共同参加起草。

本标准主要起草人章蓓英、刘慧贞、谢鼎忠、夏越美、钟开华。